Da Firenze al mare: Leonardo e l’Arno tra ingegneria idraulica e visione territoriale

Michela Chiti,[1] *Stefano Pagliara*[2]

1. La visione territoriale dell’Arno da Firenze al mare[12]

L’alternarsi delle piene e delle magre, le conseguenti difficoltà connesse al mantenimento di una efficiente via di comunicazione e di commercio fluviale attraverso l’Arno, tra Firenze ed il mare, sono problematiche a cui si sono rivolte a più riprese le ricerche e le riflessioni di Leonardo, da sempre interessato alla questione delle acque,[3] in modo particolare nella dimensione legata alla loro canalizzazione, alla dinamica dei flussi, alla regimazione dei corsi d’acqua. Il problema delle acque ha suscitato in lui un indubbio interesse a partire dalle numerose opere idrauliche incontrate nei suoi viaggi, in particolare nel Milanese. Lo studio delle macchine per il sollevamento delle acque, quello dei canali navigabili, delle conche di navigazione, delle doppie porte angolari dette appunto ‘vinciane’, della dinamica dei liquidi, la formulazione dei primi (ancorché inesatti) principi di idraulica e il disegno delle macchine per l’escavazione dei canali costituiscono la conoscenza su cui Leonardo incardina il grandioso ‘progetto’ del canale navigabile che avrebbe potuto unire le città di Firenze, Prato e Pistoia e attraverso la stretta di Serravalle, passando per il padule di Fucecchio ed il lago di Bientina, raggiungere l’Arno e da qua, attraverso ‘nuovi’ canali, arrivare al mare nei pressi di Livorno. L’ambizioso progetto avrebbe dovuto non soltanto assicurare una continuità agli scambi commerciali durante l’anno, ma anche accorciare le distanze (Benigni, Ruschi 2015, 112) tra Firenze ed il mare coinvolgendo altre importanti città come Prato e Pistoia.

[1] Componente del corpo docente del Seminario “Leonardo da Vinci, il cartografo, l’ingegnere idraulico, il progettista di città e territori: l’attualità di un pensiero visivo” , ha coordinato il lavoro degli studenti del gruppo di lavoro sull’Ingegneria idraulica.

[2] Componente del Comitato scientifico, ha coordinato il lavoro degli studenti dell’Università di Pisa nel quadro del Seminario “Leonardo da Vinci, il cartografo, l’ingegnere idraulico, il progettista di città e territori: l’attualità di un pensiero visivo”.

[3] Giorgio Vasari scrive: “fu il primo ancora che, giovanetto, discor[r]esse sopra il fiume d’Arno per metterlo in canale da Pisa a Fiorenza”; G. Vasari, *Le Vite* [Vita di Leonardo da Vinci], <http://vasari.sns.it/cgi-bin/vasari/Vasari-all?code_f=print_page&work=le_vite&volume_n=4&page_n=17> (10/2021).

Referee List (DOI 10.36253/fup_referee_list)
FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)
Michela Chiti, Stefano Pagliara, *Da Firenze al mare: Leonardo e l’Arno tra ingegneria idraulica e visione territoriale*, pp. 149-160, DOI 10.36253/978-88-5518-514-1.17

Lo studio dei disegni di Leonardo da Vinci ed in particolare delle due mappe della Royal Library di Windsor (Windsor RL, f. 12279r, f. 12685r) e delle due mappe del Codice di Madrid (Madrid II, ff. 22v, 23r, Madrid II, ff. 52v, 53r)[4] datate al 1503-1504 ca., in cui appaiono i segni del canale, è il terreno su cui si sono confrontati docenti e studenti afferenti a diversi settori disciplinari (ingegneria, storia, urbanistica, geografia) nel seminario "Leonardo da Vinci, il cartografo, l'ingegnere idraulico, il progettista di città e territori: l'attualità di un pensiero visivo".[5]

Si tratta di mappe molto indagate, in particolare in questi ultimi anni, e sulle quali si riscontrano diversi segni, quasi rappresentassero degli schizzi di studio in cui appare una commistione tra la dimensione del rilievo cartografico e l'idea di progetto. Una dimensione ibrida in cui la qualità dello spazio misurato del rilievo o del progetto resta sullo sfondo di un'espressione grafica da interpretare, da valutare nelle sue accezioni semantiche. L'"attrezzatura mentale" (Gille 1972) di Leonardo da Vinci appare poliedrica e articolata su una metodologia generale in cui l'osservazione, non sistematica, è subito seguita dalla "proposizione", dalla sperimentazione e pertanto pare articolata su una conoscenza come mezzo di azione. La visione che traspare dalle carte è la visione di un mondo variegato, il mondo o forse meglio lo spazio immaginifico dell'uomo cartografo, geografo, pittore, ingegnere, scienziato.

Ma la grande e complessa mole di studi prodotta da Leonardo da Vinci, e al contempo l'incertezza nella datazione dei diversi lavori, costituiscono la base per la determinazione di un fragile palinsesto per il lavoro di interpretazione dei disegni. Un lavoro di mosaicatura in cui in ogni istante il venire meno di una tessera può far saltare il disegno nel suo complesso.

Già negli anni '90 del Quattrocento Leonardo ipotizza, a partire da Firenze, un progetto di canale[6] passante a sud di Prato, poi a nord di Pistoia e, tagliando per Serravalle, uscente nel lago di Fucecchio e di Bientina, la cui realizzazione sarebbe stata compartecipata anche da Lucca e Pisa perché opera finalizzata in un'ottica,

[4] Le due tavole di Madrid II, oggetto di questo studio, sono visibili nella bella collezione di lavori leonardiani disponibile sul sito web del Museo Galileo, rispettivamente agli indirizzi https://brunelleschi.imss.fi.it/itinerari/immagine/img34799.html e https://brunelleschi.imss.fi.it/itineraries/image/img34805.html.

[5] All'interno del Seminario, tra le tematiche sviluppate, quella relativa a "Il progetto delle acque e del territorio nella cartografia leonardiana", oggetto del presente contributo, ha visto la partecipazione dei seguenti ricercatori: coordinamento scientifico: Emanuela Ferretti (DiDA, Università di Firenze); contributo scientifico: Emanuela Ferretti, Francesco Pardi, Michela Chiti (DiDA, Università di Firenze), Enrica Caporali (DICEA, Università di Firenze), Stefano Pagliara (DESTEC, Università di Pisa); gruppo di lavoro: Matteo Isola, Nicodemo Parrilla, Tiziana Pileggi (DICEA, Università di Firenze), Alice Artese, Giulia Ballerini, Francesca Casini, Fabio Iacometti, Federico Martelluzzi, Tania Salvi (DiDA, Università di Firenze), Luca Lencioni, Charlotte Avellini, Valentina Distasi, Cinzia Limatola, Alice Petragli, Francesco Tarantino, Greta Zanaboni, Filippo Bartolini, Daniele Cosimato, Silvia Gherardi, Emilio Lucchesi, Andrey Morales, Marco Santini (DESTEC, Università di Pisa).

[6] Studi per la realizzazione del canale nel foglio C.A., f. 127 r, ca. 1495: "facciasi alle chiane d'Arezzo tali cateratte che, mancando acqua la state in Arno, il canale non rimanga arido. E facciasi esso canale largo in fondo braccia 20 e 30 in bocca, e braccia 2 sempre <ac>qua o 4, perché dua d'esse braccia serva[n] alli mulini e li prati. Questo bonificherà il paese; e Prato, Pistoia e Pisa insieme con Firenze fia l'anno di meglio dugento mila ducati, e porgeranno le amni e spesa a esso aiutorio, e i Lucchesi il simile. Perché il lago di Sesto fia navicabile, folli fare la via di Prato e Pistoia e tagliare Serravalle e uscire nel lago, perché non bisogna conche o sostegni, i quali non sono etterni, anzi sempre si sta in esercizio a operarli e mantenerli"; v. <https://www.leonardodigitale.com/sfoglia/codice-atlantico/0127-r/> (10/2020).

diremmo ad oggi, di economia circolare, a bonificare il "paese", irrigare le colture, produrre energia per i mulini. Un'opera priva di conche e sostegni che avrebbero necessitato di ulteriori costi di manutenzione, un'opera che avrebbe dovuto invogliare la potente arte della lana[7] (Starnazzi 2003, 90) ad investirci, visti gli interessi diffusi nelle città e nei territori attraversati. Un progetto di canale che assumerà ulteriori e differenti definizioni attraverso lo studio dei disegni di Leonardo.

In questo quadro delineato si è tentato di procedere alla descrizione delle mappe, dei disegni attraverso l'ibridazione multidisciplinare. Si è tentato, quindi, di interpolare le informazioni e di ibridare gli statuti disciplinari del gruppo di ricerca attraverso la collazione di fonti anche di cronologie e tipologie molto distanti tra loro: cartografie di paleoalvei, cartografie geo-morfologiche, cartografie storiche, fonti bibliografiche multidisciplinari, ed altro ancora.

Nello spazio di connessione ed interazione tra il campo delle *digital humanities* ed il tema dei *cultural heritages*, è stato delineato un possibile percorso metodologico per la definizione di un sistema informativo geografico per la lettura dei disegni. La reciproca influenza tra l'approccio storico-umanistico, ibridato da quello geologico ed idraulico, e l'approccio digitale ha consentito di sistematizzare in un database la raccolta e la selezione di dati eterogenei: toponimi, geo-morfologie, fonti letterarie e documentarie, cartografie ed altro, nella prospettiva della *longue durée*. Il valore di tale processualità, che traguarda alla scheda di lettura dei dati, sta nell'ibridazione delle conoscenze e delle competenze finalizzata alla decodifica dei luoghi e al riconoscimento delle strutture territoriali raffigurate nelle cartografie leonardiane.

In un'ottica prettamente interdisciplinare, sono stati utilizzati vari giacimenti 'documentari'. *In primis*, l'analisi e la raccolta delle informazioni elaborate dagli studi geologici è stata fondamentale per definire l'assetto dei paleoalvei e avere contezza della morfologia territoriale. Tali evidenze sono state intersecate con le fonti storiche, la cartografia storica postleonardiana e una stratificata bibliografia (sia interna agli studi leonardiani, sia pertinente alla storia del territorio), a creare un quadro di informazioni fondamentale per il processo di georeferenziazione attuato dal gruppo di lavoro sui documenti leonardiani. Tutto ciò, combinato con l'elaborazione di nuovi strumenti e metodi di georeferenziazione dei disegni di Leonardo in esame, risalenti al 1503-1504 ca., offre un quadro inedito dell'assetto territoriale del fiume e delle connessioni del reticolo viario, sia lungo fiume che di valico, su cui è stato impostato il progetto del canale.

Si è trattato pertanto di un lavoro di trasposizione dei segni delle mappe di Leonardo sulle cartografie attuali, non come processo di geolocalizzazione ma come descrizione di luoghi sulla base di specifiche categorie culturali, più che cartografiche; luoghi non solo come toponimi ma piuttosto come entità culturali dense di connessioni, di relazioni con altre entità spaziali o sociali (fiumi, mare, porti, attracchi, ponti, mulini, strade, gualchiere, ecc.) da interrelare con le caratteristiche desunte dalla letteratura.

[7] Sul lato destro presso il margine il foglio C.A., f. 1107 r, ca. 1496, riporta: "l'Arte della Lana facci il navilio e piglisi l'entrata, passando esso navilio da Prato, Pistoia, Serravalle e metta nel lago; e sarà sanza conche e più durabile per li loc[h]i donde passa"; v. <https://www.leonardodigitale.com/sfoglia/codice-atlantico/1107-r/> (10/2020).

Nel tempo il territorio si è andato modificando, le quote altimetriche sono variate, come pure la linea di costa, che è avanzata, ed il livello del mare; il corso del fiume Arno è cambiato come forma e come altezza delle acque accolte e trasportate, molte delle sue anse sono state tagliate per la rettificazione di alcuni tratti, anche i corpi d'acqua come i laghi o le paludi hanno subito le attività di bonifica e sono stati in gran parte prosciugati. La fattibilità del progetto e pertanto le potenziali portate in relazione alla morfologia del territorio si sono di fatto trasformate nel tempo.

Sulla scorta di quanto sinteticamente tratteggiato è stato elaborato, sulla base dalla carta tecnica regionale della Toscana in scala 1:10.000, un inquadramento cartografico del territorio tra Firenze e il mare nel Cinquecento (Fig. 1), in cui le morfologie dei rilievi dialogano con i tracciati del fiume Arno e dei suoi affluenti in relazione agli insediamenti (le città principali sono rappresentate con la loro forma murata, mentre quelle minori attraverso un punto geolocalizzato in base al riconoscimento della persistenza dei sedimi edificati di allora) e alla rete delle infrastrutture, nonché ai laghi e ai paduli rappresentati in un possibile stato di piena e di magra (definiti attraverso il colore celeste più scuro e più chiaro).[8]

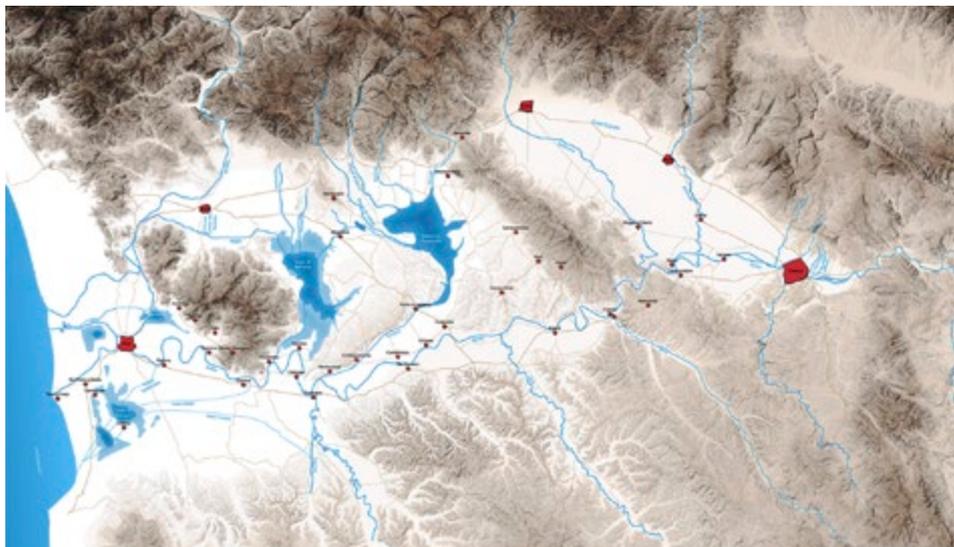



Figura 1. Inquadramento cartografico del territorio tra Firenze e il mare nel Cinquecento redatto sulla base dalla Carta tecnica regionale della Toscana in scala 1:10.000. Le cartografie riprodotte in questa e nelle Figure 2, 3 e 7 sono state elaborate dal gruppo di lavoro di studenti e docenti specificato nella nota 8 in calce.

Tra le carte indagate, il disegno Windsor RL f. 12279r è molto importante in quanto riporta un riferimento di scala e rappresenta l'inquadramento territoriale tra Firenze e il mare in maniera ben più completa rispetto agli altri disegni esaminati. È un elaborato in cui, oltre ai vari segni, appaiono delle annotazioni che denotano una evoluzione del pensiero: se in un primo momento Leonardo era intenzionato a "mettere l'Arno in canale da Pisa a Firenze" , come afferma il Vasari nel passo già citato, perché era l'unico modo per poterlo contenere dalle sue continue divagazioni e quindi anche dalla furia che manifesta nel suo carattere torrentizio, in questo disegno afferma che ciò non è possibile e che l'Arno non starà mai dentro un canale.

[8] La elaborazione delle cartografie per l'inquadramento del territorio nel Cinquecento e la ricostruzione dei tracciati del canale navigabile è a cura di Emanuela Ferretti, Francesco Pardi, Michela Chiti, con Alice Artese, Giulia Ballerini, Francesca Casini, Fabio Iacometti, Federico Martelluzzi, Tania Salvi (DiDA, Università di Firenze).

Ma non solo, appare di nuovo un riferimento al dimensionamento del canale, che sarebbe dovuto giungere a Vicopisano con una lunghezza di 44 miglia e una sezione di cinque o sei metri, contro le 56 miglia che si sarebbero dovute coprire navigando lungo il tracciato dell'Arno (Benigni, Ruschi 2015, 112).

Il punto di partenza del canale da Firenze è ambiguo: nel disegno appare localizzato a nord della città, all'incirca verso l'attuale Piazza della Libertà dove nel Cinquecento arrivava il Mugnone, che proseguiva il suo percorso a ridosso delle mura e sfociava in Arno verso l'attuale Porta al Prato[9] dove c'era la steccaia sull'Arno e arrivavano i barchini da Signa, carichi delle merci portate dalle imbarcazioni più grandi alle quali era impossibile arrivare in città senza arenarsi (Ferretti, Turrini 2010). Ma di fatto la stessa cosa accadeva in entrambi i Bisarni,[10] a est e ad ovest della città, in cui la geologia dei terreni e le limitate pendenze permettevano la divagazione del letto del fiume che diveniva veramente ampio. In particolare lo Starnazzi (2003), per il Bisarno ad est, evidenzia la deviazione del corso dell'Arno "con dolce piega"[11] all'altezza della Nave a Rovezzano, in cui erano presenti delle steccaie e dei mulini alimentati con le gore che andavano verso la piana. Tracciati ripercorsi ad oggi da quelli ferroviari, la cui progettazione consegue dai medesimi principi alla base del funzionamento di un canale d'acqua navigabile: il canale e i binari necessitano allo stesso modo di pendenze molto lievi. In questa localizzazione pertanto è stata ipotizzata la presa d'acqua del canale utile a proseguire il suo cammino verso le città di Prato e Pistoia.

Nella continua processazione del pensiero evidenziata da una narrazione grafica di segni sempre più marcati nella definizione del progetto nei disegni, il C.A., f. 126v, ca. 1495, riporta la scritta "canale per a firenze" e il disegno di una conca e di un ponte. Emerge quindi la necessità, non evidenziata in prima battuta,[12] di realizzare il sistema delle conche gestite dalle porte vinciane per poter salire di quota verso la sella di Serravalle e al contempo per passare sopra al Bisenzio e l'Ombrone, due fiumi che erano fondamentali per la gestione dell'acqua, della forza motrice per gualchiere per la produzione delle stoffe, per le tintorie, ma che avrebbero potuto contribuire alla fornitura di acqua al canale.[13] Insomma un canale con una sezione di 5 o 6 m e con la necessità di 7 metri cubi di acqua al secondo. Se da un lato il passaggio del canale a nord delle città avrebbe potuto interferire con le portate d'acqua utili al funzionamento degli opifici, il passaggio a sud delle medesime lo avrebbe evitato e al contempo, mantenendosi ad una quota altimetrica costante tra i 50 e 60 m s.l.m., avrebbe reso non necessaria la realizzazione di conche.

[9] Il corso del Mugnone è ben rappresentato nella veduta a volo di uccello della Pianta detta *della Catena*, attribuita a Francesco di Lorenzo Rosselli, 1471-1482 circa.

[10] Il Bisarno ad est è rappresentato da Leonardo nel disegno Windsor RL f. 12679r, ca. 1504, mentre quello ad ovest nel disegno Windsor RL f. 12678r, ca. 1503.

[11] Ms. L., f. 31r.

[12] C.A., f. 127r.

[13] C.A., f. 256r: "come li navili che han l'acqua, si debbe lor dare l'acqua turba e fermare a parte a parte lor l'acqua, acciò si scarichi. Bisenzio e l'Ombrone attraverseranno il canale, dando l'acqua abbondante a esso canale, per quanto richiede alla sua navicazione; e 'l superchio vada alle molina ordinarie, le quali mancheran tanto d'acqua, quanto fia la restaurazione dell'acqua che manca nelle conche".

La salita verso Serravalle ad una quota di circa 180 m evidenzia la necessità di procedere attraverso le conche per poter colmare i dislivelli sia nella ipotesi del C.A., f. 127r, in cui ipotizza di tagliare Serravalle e uscire nel lago, sia nella ipotesi di realizzare una galleria di almeno 7-8 km. In entrambi i casi la possibilità di tagliare la montagna o di scavarla con le macchine[14] studiate da Leonardo avrebbe necessitato di una forza lavoro e di tempistiche di grande rilievo, e sarebbe rimasto il punto cruciale della discesa verso il padule di Fucecchio, perché il canale avrebbe avuto una pendenza pari ad oltre il 2 per cento, quindi oltre quella del corso naturale di un torrente di montagna. In definitiva si sarebbe dovuto procedere con la realizzazione di numerose conche.

L'arrivo in Valdinievole avrebbe permesso di incanalarsi in un sistema idraulico il cui equilibrio già garantiva le relazioni commerciali tra Lucca, con il suo porto della Formica e il Rogio, e il sistema insediativo lungo le sponde del padule di Fucecchio e del lago di Bientina. Ma anche qui i segni delle mappe evidenziano due possibili tracciati per arrivare a Vicopisano, uno da Altopascio attraverso un canale esistente e l'altro attraverso le Cerbaie.

A Vicopisano il canale sarebbe confluito di nuovo nell'Arno e da qui si sarebbe potuto raggiungere il mare attraverso delle rotte, tracciate nei disegni dei Leonardo, verso il lago di Coltano seguendo delle direttrici di un naturale andamento del fiume verso la pianura a sud di Pisa e su cui si rimanda al seguente paragrafo.

Nella seguente immagine si riportano i tracciati rielaborati in relazione alla ricostruzione effettuata attraverso le fonti documentarie e cartografiche.

Il gruppo di ricerca[15] ha individuato un tracciato ipotetico (Fig. 3, in colore celeste a tratteggio) in termini di fattibilità: in ordine alla prima versione proposta da Leonardo senza la realizzazione di conche è da evidenziare che, a fronte dei tempi di percorrenza pari a 2 giorni, sarebbe impossibile affrontare le ripide pendenze della discesa da Serravalle verso il padule di Fucecchio; in relazione invece alla possibile realizzazione delle conche, a fronte di 32 chiuse da realizzare avremmo dei tempi di percorrenza pari a 10-20 giorni, in quanto sono i tempi necessari per il riempimento e lo svuotamento delle conche, per poter colmare e passare da un dislivello ad un altro. In entrambe le ipotesi è evidente che, a fronte di una non fattibilità tecnica del progetto del canale da Firenze a Vicopisano, stante la necessità di rendere costanti e sicuri i commerci da Firenze verso il mare, le tempistiche e i costi di mantenimento dell'opera non avrebbero conseguito i desiderati effetti.

Focalizzare lo sguardo sulla piana di Pisa, e sulle trasformazioni storiche dei suoi bacini fluviali, ci permetterà forse di individuare più compiutamente sia le determinanti naturali sia gli intenti e le modalità progettuali della proposta leonardiana.

[14] Numerosi sono i progetti dei macchinari per scavare. A titolo di esempio si riporta l'annotazione al disegno del C.A., f. 3r: "è una badilata, sei badilate fanno una barella, 20 barelle fanno una cassa. Adunque essendo una badilata 25 libbre, la barellata + 150 libbre e una cassa è libbre 3000".

[15] In particolare, i calcoli idraulici per la verifica della fattibilità del progetto del canale da Firenze a Vicopisano sono stati condotti da Enrica Caporali con Matteo Isola e Nicodemo Parrilla (DICEA, Università di Firenze).

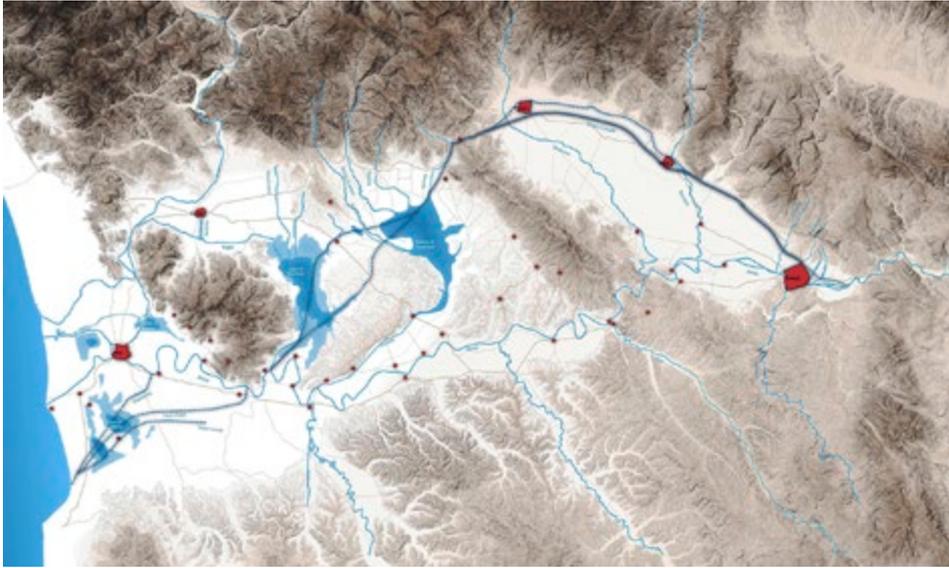



Figura 2. Inquadramento cartografico dei tracciati ipotetici del canale navigabile.

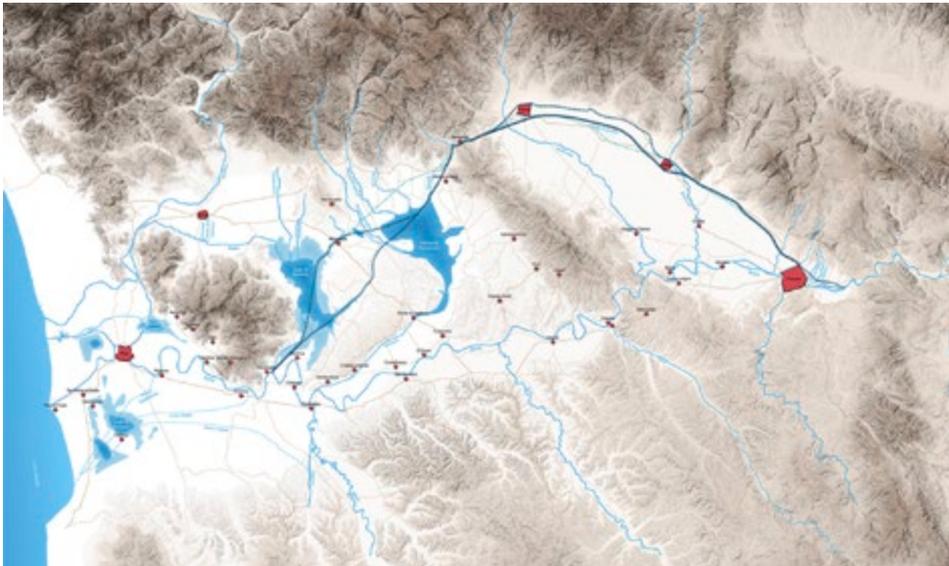



Figura 3. Inquadramento cartografico dei tracciati ipotetici del canale navigabile e della proposta con maggiore fattibilità tecnica.

2. Approfondimento sulla pianura pisana

Nel periodo Romano l'Arno formava nella zona pisana il suo delta che, come attestato dai racconti di Strabone (Toscanelli 1934, 150), era formato da tre bracci principali: il più settentrionale è quello che oggi si attesta nel corso attuale dell'Arno e che vede la sua foce nella zona di San Piero a Grado; il secondo ramo, intermedio, aveva la foce nel *Sinus Pisanus*, la grande laguna che si estendeva a Sud della città; il ramo meridionale costeggiava invece le zone montuose della zona di Collesalvetti. Quest'ultimo fu inizialmente il corso principale del fiume, ma già al periodo di Strabone aveva perso importanza a favore del tratto settentrionale.

Il fiume Auser, antenato dell'attuale Serchio, anticamente scendeva dalla zona della Garfagnana per deviare, nei pressi dell'attuale San Pietro a Vico, verso oriente, fino a sfociare nel Lago di Bientina (o di Sesto), dove si univa all'Arno nella zona di Vicopisano. Dal III secolo a.C. il fiume crea nella zona della deviazione una biforcazione e parte di esso traccia un corso che lo porta nella pianura pisana percorrendo l'attuale Via Sarzanese e Via Vecchia Pisana fino a sfociare in Arno a est della città di Pisa. Di tale deviazione si hanno testimonianze nei racconti di Strabone, dato che di tale fatto "si conservò ricordo per lungo tempo presso gli abitanti locali" (Toscanelli 1934, 186). In periodo romano si hanno quindi due foci principali del Serchio: una nei pressi di Vicopisano, dopo aver attraversato il lago di Bientina, e una a est di Pisa. Inoltre si hanno foci minori nella laguna a Nord dell'Arno.

Un altro corso d'acqua presente nella valle è quello dello Zambra, che, scendendo dai monti pisani, alimentava la palude che poi si connetteva all'Auser e, probabilmente, aveva anche una foce diretta nell'Arno.

Le lagune di cui sopra sono principalmente due: una laguna a nord della città di Pisa nella Valdozzeri,[16] detta Laguna Superiore, e una a sud della città, conosciuta con il nome di *Sinus Pisaus*, il grande golfo che si estende fino alla zona dell'attuale Livorno.

È importante ricordare che la basilica di San Piero a Grado, di epoca romana, e Coltano, punto di alto morfologico, si devono trovare necessariamente fuori dalle zone lagunari.

Una ricostruzione della disposizione idrografica descritta la troviamo nel lavoro di Nello Toscanelli (1934, 176) e in quello di Livio Borghi (1966).

Del periodo altomedievale si hanno poche informazioni. Sappiamo che agli inizi del Medioevo, nel periodo in cui il vescovo di Lucca era San Frediano, si operarono notevoli cambiamenti al corso dell'Auser, in modo da regimare il suo corso ed evitare le alluvioni in città. In questo periodo abbiamo infatti il cosiddetto "miracolo di San Frediano", per cui il corso del fiume viene convogliato completamente verso Pisa. Inoltre si effettua una ulteriore deviazione nella zona di Avane e Vecchiano, per effetto della quale la foce viene spostata a Nord e non più nel fiume Arno. Si riescono perciò a distinguere tre percorsi diversi del fiume:

- *Tubra*: il corso più settentrionale; si divide dal corso principale nella zona di Vecchiano per poi ricongiungersi con esso ad Arena;
- *Auserclus*: segue un corso simile a quello del Tubra ma più spostato verso meridione. Prima della foce si ricongiunge ad esso;
- *Auser*: corso che prosegue verso Pisa senza deviare nella zona di Avane. Arrivato alla città segue il tracciato nord delle mura fino a sfociare in mare nei pressi dell'attuale foce del Fiume morto. Vede alcuni canali che continuano a sfociare direttamente in Arno.

La ricostruzione dei percorsi meandriformi è stata studiata dal progetto MAPPA (Gattiglia 2013, 38) in cui, grazie all'utilizzo del GIS, sono stati ricercati i paleoalvei dei vari corsi d'acqua.

Dall'anno 1000 si iniziano a effettuare varie sistemazioni idrauliche dell'Arno. "La prima opera idraulica attestata" (Benvenuti 1996, 67) è il taglio del Gatano intorno all'anno 1000. La successiva, "l'opera idraulica più importante ed impegnativa" (ivi, 253), fu il taglio delle anse di Vettola e di San Rossore, negli anni '40 del XIV secolo.

[16] Nome dovuto alla presenza del fiume Auser.

Nel corso del Serchio è invece attestata la presenza del Tubra fino al XII secolo; successivamente il corso di quest'ultimo va a coincidere con quello dell'Auserclus, con un tracciato vicino a quello dell'attuale Serchio. Si continua ad avere il tracciato dell'Auser, che risulta di importanza sempre minore.

La ricostruzione della linea di riva è agevole grazie agli studi geologici che hanno individuato anche l'andamento del litorale del periodo romano, perciò ci rifacciamo alla Fig. 5.

È utile suddividere in due il periodo bassomedievale: una situazione al 1100 in cui si nota la divisione del corso del Serchio in Auserclus e Tubra e in cui l'Arno non ha ancora subito i tagli di Vettola e San Rossore; l'altra, datata 1300, in cui non è più presente il corso del Tubra, sono state eseguite le opere idrauliche sull'Arno e inoltre si ha la presenza fuori dall'acqua di Torre di Foce, costruita nel XIII secolo (Mazzanti 1986).

La fine del XV secolo e l'inizio del XVI vedono sul territorio toscano l'operato di Leonardo da Vinci. Egli si dedicò con grande interesse all'idraulica e alla cartografia. Nei suoi lavori troviamo alcune ipotesi sulla deviazione del corso dell'Arno per scopi militari, al fine di togliere l'acqua a Pisa per garantire la supremazia a Firenze: dal 1494 al 1509, periodo della Seconda Repubblica Pisana, Firenze cercò di riconquistare Pisa. e il Gonfaloniere Piero Soderini, che era a capo delle strategie di guerra fiorentine, pensava di riuscire a vincere senza l'utilizzo di soldati, semplicemente deviando il corso dell'Arno (Isola 2006, 11-12).

I progetti ideati da Leonardo erano principalmente due. Il primo, di cui al disegno Windsor RL 12279, ca. 1503, più completo, parte direttamente dalla città di Firenze e porta il corso dell'Arno tra le città di Prato e Pistoia per poi sfociare nel padule di Fucecchio e in parte in quello di Bientina. Alla fine, invece di continuare con il percorso dell'attuale fiume, si hanno più diramazioni che vanno a sfociare nel padule di Coltano a nord di Livorno. La volontà del grande genio di togliere l'acqua a Pisa è evidente dal tratto leggero con cui disegna il fiume a valle di Riglione e ancor di più a valle di Pisa.

È interessante notare i rami che Leonardo traccia fino al padule di Coltano. Questi sono simili ai tracciati che si trovano nelle attuali carte dei corsi dello Scolmatore d'Arno, dell'Arnaccio e della rotta di Riglione.

Confrontando questa carta con quella del periodo romano si può notare come le deviazioni tracciate da Leonardo ricordino molto i tracciati antichi del fiume, prima che prevalesse la tratta passante per l'attuale Pisa.

Data la complessità e l'infattibilità del primo progetto di Leonardo, che vede la necessità di realizzare enormi scavi e gallerie, Leonardo redige quindi un progetto minore (rappresentato in Madrid II, ff. 52v, 53r)[17] in cui prevede la deviazione dell'Arno a Riglione. Questo risulta molto dettagliato dal punto di vista cartografico e idrografico.

Soffermandoci a osservare l'intreccio dei canali disegnati dal Vinciano in questo secondo elaborato, si possono notare: l'Auser, qui chiamato *Osori*, con lo stesso percorso bassomedioevale ma con un tracciato meno tortuoso; si nota come la sua entità sia minore rispetto a quella del ramo principale, che troviamo con il nome attuale di Serchio; si mantiene il collegamento a ovest di Pisa tra Arno e Auser.

[17] V. nota 4 *supra*.

L'*Osori* è inoltre intervallato dallo Scorno e dalla Fossa Doppia, canali che tendono a bonificare le aree paludose e che si riuniscono formando il Fiume Morto per poi sfociare in mare. Il percorso del Serchio tracciato da Leonardo è anch'esso meno tortuoso di quello bassomedioevale e si avvicina maggiormente all'attuale. Nella carta è inoltre inserita la presenza di Torre di Foce, come già detto costruita nel XIII secolo.

Le aree paludose mostrate da Leonardo sono di entità minore rispetto a quelle tracciate nel Basso Medioevo e sono quella alle pendici dei monti pisani, alimentata dallo Zambra, quella formata dell'antica Laguna Superiore e quella meridionale dove si aveva il *Sinus Pisanus*. La linea di costa riferita a questo periodo è rintracciabile sempre nella Fig. 5.

Qui sotto: **Figura 4**. La pianura pisana alla fine del XV secolo; a destra: **Figura 5**. Evoluzione della costa in 2000 anni. Elaborazioni degli autori sulla base di Pagliara, Lencioni 2020.

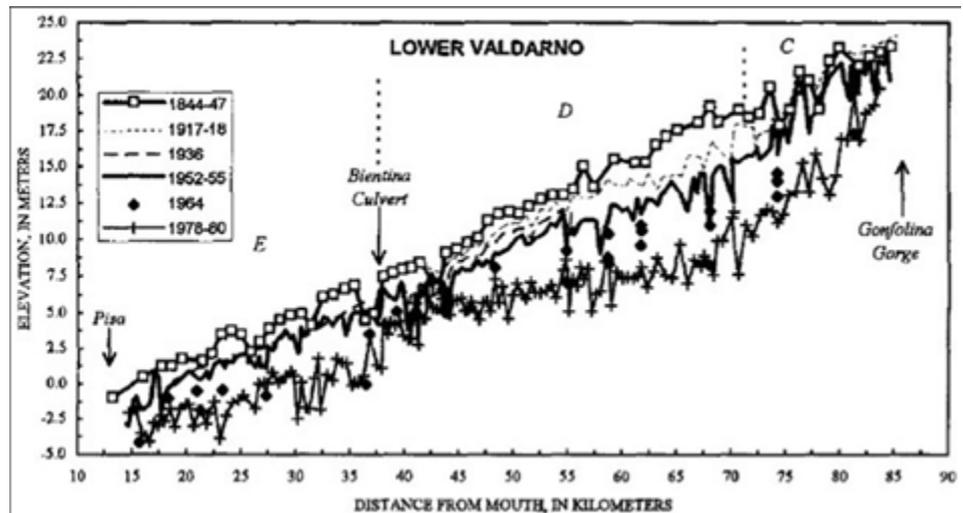
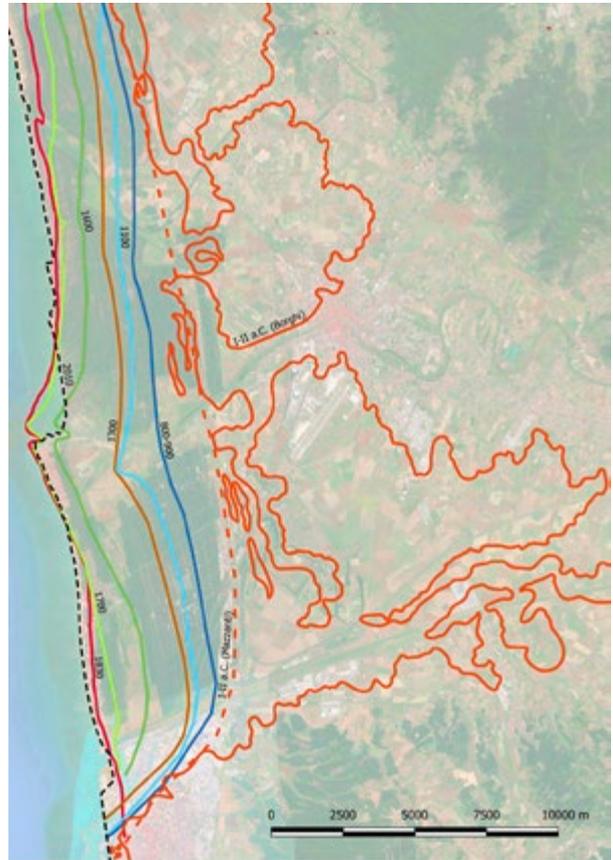
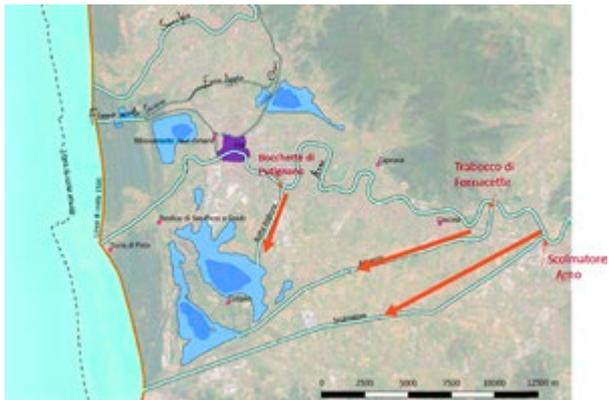



Figura 6. Profili longitudinali dell'Arno nel suo tratto inferiore dal 1844 al 1980. Fonte: Rinaldi, Simon 1998.

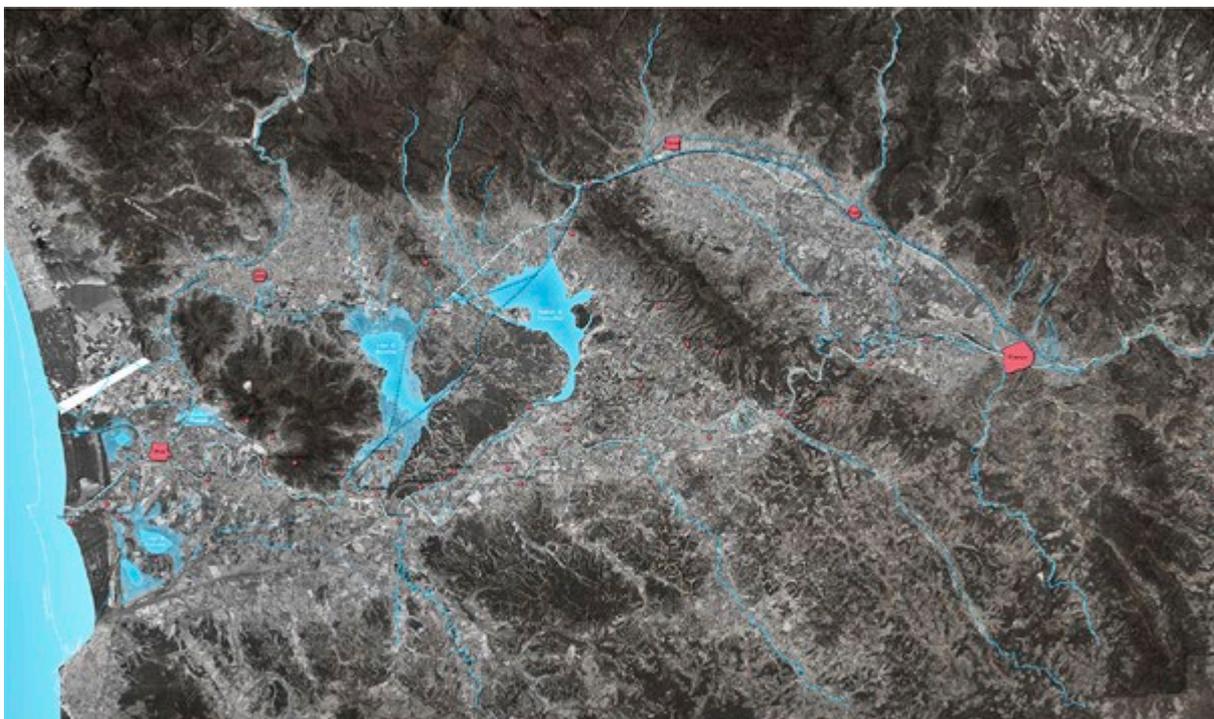
Dal 1500 in poi la produzione cartografica si intensifica, il che permette di ricostruire ancor più agevolmente l’evoluzione della linea di riva, riportata in Fig. 5 dal periodo Romano ai nostri giorni.

Il profilo longitudinale dell’Arno dal 1844 ad oggi è invece riportato in Fig. 6 (Rinaldi, Simon 1998, 62).

Quest’ultima figura dimostra che già nel 1800 l’alveo dell’Arno ha una quota inferiore allo 0 s.l.m.. Ciò significa che sicuramente le quote di fondo dell’Arno a Pisa erano, nel Cinquecento, inferiori al livello medio del mare. Da ciò si deduce come, anche in assenza di portate provenienti da monte, la navigazione da Pisa verso il mare rimanesse possibile e come, quindi, il progetto di deviazione del Fiume Arno a monte di Pisa stessa risultasse una soluzione non efficace per togliere acqua alla città.

Considerazioni conclusive

Nell’accezione metodologica individuata, la ricostruzione del progetto o meglio dei progetti, rappresentati da Leonardo attraverso una molteplicità di linee, conduce forse a pensare ad un unico scenario territoriale (qui abbozzato in Fig. 7) in cui ciascuno dei segni progettuali e dei tracciati riscontrati dalla ricostruzione filologica è, a suo modo, egualmente valido: quello che fa passare il canale sopra le città e quello che lo fa passare sotto, quello ideato con lo sguardo del pianificatore, che si pone il problema di togliere le acque dalle gualchiere, e quello conforme allo sguardo dell’ingegnere, che identifica il tracciato maggiormente plausibile con la fattibilità stessa del progetto.

Figura 7. Inquadramento cartografico dei tracciati ipotetici del canale navigabile di Leonardo su OFC 2019.

Forse, in definitiva, la grande capacità cartografica e rappresentativa di questo progetto ha avuto sì una grande fortuna e un grande valore culturale, ma non in termini di contenuti tecnici per una fattibilità operativa. Al contrario, i segni letti come entità culturali, letti vale a dire nella loro natura politica, socio-economica, cartografica, geologica, idraulica, sono lo sfondo in cui si colloca il tentativo di riconoscimento che porta a disegnare un territorio come racconto di relazioni semantiche e dinamiche insite nella descrizione/prefigurazione dello spazio.

Riferimenti bibliografici

Benigni P., Ruschi P. (2015), "Brunelleschi e Leonardo, l'acqua e l'assedio", in Barsanti R. (a cura di), *Leonardo e l'Arno*, Pacini, Pisa, pp. 99-129.

Benvenuti A.(1996), *Da Pisa alle Foci d'Arno nel Medioevo*, Pacini, Pisa.

Borghi L. (1966), "Interrogativi sull'ubicazione dell'antico porto di Pisa romana e dei primi secoli della Repubblica marinara", *Rassegna*, Comune di Pisa, n. 2, pp. 8-12.

Ferretti E., Turrini D. (2010), *Navigare in Arno. Acque, uomini e marmi tra Firenze e il mare in Età Moderna,* Edifir, Firenze.

Gattiglia G. (2013), *MAPPA. Pisa medievale: archeologia, analisi spaziali e modelli predittivi*, Nuova Cultura, Roma.

Gille B. (1972), *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, Feltrinelli, Milano.

Isola M. (2016), *Il Fiume Arno. Storia sconosciuta della mitigazione delle piene*, s.n., s.l..

Mazzanti R. (1986), *Terre e paduli: reperti, documenti, immagini per la storia di Coltano*, Bandecchi & Vivaldi, Pisa.

Pagliara S., Lencioni L. (2020), *Evoluzione idraulica del litorale pisano dal periodo romano al 2100*, Pisa University Press, Pisa.

Rinaldi M., Simon A.(1998), "Bed-level adjustments in the Arno River, central Italy", *Geomorphology*, vol. 22, n. 1, pp. 57-71.

Starnazzi C. (2003), *Leonardo cartografo,* Istituto Geografico Militare, Firenze.

Toscanelli N. (1934), *Pisa nell'antichità*, vol. 1, Nistri-Lischi, Pisa.